

Untersuchung zur Frage der Abhängigkeit
der Drehreizschwelle der horizontalen
Bogengänge von der Tageszeit.

Hannelore Eidebenz

1966

Aus der Hals-, Nasen- und Ohrenklinik
der Johannes Gutenberg - Universität Mainz.

Direktor: Professor Dr. med. H. L e i c h e r

Untersuchung zur Frage der Abhängig-
keit der Drehreizschwelle der horizon-
talen Bogengänge von der Tageszeit.

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung der Würde des Doktors der Hohen Medi-
zinischen Fakultät der Johannes Gutenberg-Univer-
sität zu Mainz

vorgelegt von

H a n n e l o r e E i d e b e n z
aus Wiesbaden - Biebrich

Mainz

1965

DEKAN: Prof. Dr. med. B o r n e f f

REFERENT: Prof. Dr. med. E. H a a s

KORREFERENT: Prof. Dr. med. H. L e i c h e r

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Mai 1966



Inhaltsübersicht.

I. Hauptteil	Seite
1. Physiologische und anatomische Grundlagen des Nystagmus	1
2. Die Entwicklung der Vestibularisdiagnostik	4
3. Untersuchungstechnik zur Bestimmung der Drehreizschwelle	8
4. Bestimmung der Drehreizschwelle der horizontalen Bogengänge	12
5. Bisherige Untersuchungen zur Drehreizschwellenbestimmung des perrotatorischen Nystagmus	14
6. Untersuchungen zur Frage der Abhängigkeit der Drehreizschwelle von der Tageszeit	20
7. Statistische Auswertung der Ergebnisse	25
8. Zusammenfassung	35

II. Anhang

1. Tabellen über die erhaltenen Werte der Drehreizschwellen zu verschiedenen Tageszeiten
2. Doppelte Varianzanalyse
Ansatz Nr. 1
3. Elektronystagmogramme

III. Literaturverzeichnis

1. Physiologische und anatomische Grundlagen des Nystagmus.

Unter Nystagmus verstehen wir die rhythmischen Bewegungen der Augen, die unter bestimmten Voraussetzungen wie Drehung des Körpers, Ausspritzen des Gehörganges mit kaltem oder warmen Wasser etc. auftreten. Diese Bewegungen sind ruckartig und zeigen eine schnelle und eine langsame Phase. Die erste Phase, die langsame, ist labyrinthär bedingt, während die zweite Phase, die schnelle, im wesentlichen eine Korrekturbewegung darstellt, die vom optischen Apparat ausgelöst wird und der vorhergehenden entgegengesetzt ist. Die Richtung des Nystagmus bezeichnen wir nach der Richtung der schnellen Phase. (20;44)⁺

Werden die Sinnesendstellen in den drei Bogengängen (cristae ampullares mit der pinselartigen cupula ampullaris in den Bogengangsampullen) durch Bewegungen der Endolymphe gereizt, so entsteht ein vestibulärer Nystagmus. Dieser wird durch die Kopplung des Vestibularorganes mit den Kernen der Augen-

⁺ Die Zahlen verweisen auf die Nummern des Literaturverzeichnisses.

muskeln sichtbar. Es wird jeweils dasjenige Bogen-
gangspaar mit seiner crista erregt, das in der Ebene
der Bewegung liegt.

Wie sind nun die Augenmuskeln mit dem Vestiblar-
apparat gekoppelt ?

Die Sinneszellen sind mit Härchen versehen, die den
Endolymphkanal unterteilen. Kommt es nun zu einer
Drehbewegung des Kopfes, so bewegen sich die Bogen-
gänge mit dem Schädel mit. Die Endolymph des hori-
zontalen Bogenganges jedoch bleibt infolge ihrer
Trägheit am Anfang zurück und wird erst im weiteren
Verlaufe der Drehung mitgenommen. So haben wir zuerst
eine Endolymphbewegung, die durch die eben geschil-
derte Verzögerung scheinbar entgegengesetzt der Dreh-
richtung ist, und durch die die Cupula nun wieder
ausgelenkt wird. S c h m a l t z (27) errechnete
1924/25 den Beginn der Endolymphverschiebung mit
0.02 Sekunden. Die Einwirkung auf die Cupula beginnt
demnach erst nach $1/50$ Sekunden. Der Nystagmus tritt
selbst aber erst nach Sekunden, gelegentlich erst
nach 10 Sekunden in Erscheinung.

Die Erregung des Gleichgewichtsorganes wird
über den Nervus vestibularis zentralwärts geleitet.
Dem Nerv gehören vier Terminalkerne zu. Für uns am
wichtigsten ist der nucleus terminalis lateralis
nervi vestibuli oder, wie er auch genannt wird, der

Deiter'sche Kern. Dieser Kern liegt an der area vestibularis am Boden der Rautengrube. Er wird als Koordinationskern aufgefaßt. Er ist als eine Verdichtung von Zellen der Formatio reticularis entstanden und enthält afferente und efferente Leitungsschenkel. Vom Deiter'schen Kern ziehen nun im medialen Längsbündel Fasern rostralwärts zu den Augenmuskelkernen. Hiermit hat der Vestibularapparat Einfluß auf die Augenbewegungen gewonnen. (6)

Werden die Augenmuskelnerven nun reflektorisch vom Vestibularapparat erregt, so entsteht gegenüber der nicht erregten Umgebung ein Aktionsstrom. Dieser Aktionsstrom besitzt eine Größe von 0.1 mV bis höchstens 1 Volt. Durch das Vorschalten eines Verstärkers können wir diesen bis auf das 20-30 fache erhöhen. Die Cornea ist dabei elektropositiv und die Retina elektronegativ. (35) Die Bulbi besitzen also eine elektrische Dipoleigenschaft; sie sind die Träger eines corneo-retinalen Potentials. (22)

2. Die Entwicklung der Vestibularisdiagnostik.

Im Jahre 1860 stellte B r o w n - S é q u a r d (29) fest, daß eine thermische Reizung des Vestibularapparates Schwindel erzeugt. 29 Jahre später fand B r e u e r (29), daß hierbei ein Nystagmus auftritt. Dieser experimentell erzeugte Nystagmus ist eine verhältnismäßig flüchtige Erscheinung. Es wird schon seit Jahrzehnten angestrebt, diesen Nystagmus in irgendeiner Form registrierbar zu machen. Heute kennen wir verschiedene nystagmographische Untersuchungen.

a) Die ophthalmologische Registrierung:

Dabei werden kleine Hebel direkt auf die Bulbi gesetzt, die mit Hilfe einer Schreibhebelübertragung die Bulbusbewegungen auf ein Kymographion aufschreiben. 1914 entwickelte O h m (8) eine Hebelnystagmographie, die aber heute nicht mehr in Gebrauch ist. Wir wissen inzwischen, daß die Bulbusbewegungen durch diese Registrierung gehemmt werden.

b) Die optische Registrierung:

Bei dieser Methode wird versucht, während der nystagmatischen Zuckungen Reflexe auf der Hornhaut in ihrer Bewegung photoelektrisch zu erfassen oder Helligkeitsunterschiede z.B. zwischen Bulbus und Sklera zu erfassen. Diese Untersuchungen müssen jedoch immer mit geöffneten Augen vorgenommen werden.

c) Die elektrophysiologische Registrierung:

Versuche mit elektrischen Registrierungen wurden kurze Zeit nach der Einführung der Hebelnystagmographie in Angriff genommen. Diese Methode hemmt im Gegensatz zur Hebelnystagmographie nicht die Bewegungen der Augenbulbi.

1922 verwendete S c h o t t (der eigentliche Begründer der Elektronystagmographie) ein Saitengalvanometer zur Registrierung. Die gleiche Methode wendeten 1929 M e y e r s und 1930 J a c o b s e n an. (34)

Das Prinzip dieser elektrischen Registrierung beruht auf der auftretenden Potentialdifferenz zwischen Cornea und Retina.

B á r á n y (5) führte 1907 seinen klassischen Rotationsversuch auf einem mit der Hand angetriebenen Drehstuhl durch. Er vollzog innerhalb von 20 Sekunden 10 Umdrehungen, wobei die Drehbeschleunigung mindestens $90^\circ/\text{sec}^2$ betrug. Anschließend bestimmte er durch Auszählung die Nystagmusdauer, die nach raschem Anhalten des Drehstuhles auftrat. J o n g k e e s (18) und andere lehnen heute diese Versuchsanordnung als unphysiologisch ab. Sie beobachteten nämlich noch 4 Tage nach diesem Versuch Abweichungen im Cupulogramm.

M i t t e r m a i e r (27) stellte bereits 1937 fest, daß hohe Drehgeschwindigkeiten von etwa 120-180⁰/sec keineswegs die besten Ergebnisse liefern. Nach der Anwendung von Reizungen in Schwellennähe treten gewisse Unterschiede wie z.B. in der Erregbarkeit des rechten und linken Labyrinthes viel besser in Erscheinung.

Später kam es dann zur Entwicklung des elektrisch angetriebenen Drehstuhles. Die ersten Versuche gehen auf V e i t s (8) am Anfang der dreißiger Jahre zurück. Er selbst verwendete für seine Versuche nur unterschwellige Reize, so daß kein Schwellenwert ermittelt werden konnte.

In den letzten 10 Jahren gelang M o n t a n d o n die Entwicklung eines Drehreizschwellentestes, mit dem er die Drehreizschwelle des Vestibularorganes bestimmte. Diese Drehreizschwelle des gesunden Vestibularorganes entspricht in etwa der Hörschwelle gesunder Untersuchungspersonen beim Tonaudiogramm.

Die Versuchsanordnung für die elektrische Drehstuhlprüfung und die Elektronystagmographie wurden in letzter Zeit entscheidend verbessert. Größere Reihenuntersuchungen führten F u m e a u x, H a l l p i k e, M i t t e r m a i e r, M o n t a n d o n, M o n n i e r, R u s s b a c h u.a. durch.

In letzter Zeit kennen wir nicht nur elektrisch angetriebene Drehstühle, sondern seit einigen Jahren auch elektronisch angetriebene Systeme.

3. Untersuchungstechnik zur Bestimmung der Drehreizschwelle.

Mit dem elektronisch betriebenen Drehstuhl der Firma Tönnies aus dem Jahre 1961 führten wir im Sommer 1963 unsere Versuche durch. Zu diesem Modell gehört außerdem ein Nystagmograph der gleichen Firma (Abb.1) mit einem Vorverstärker, abgeschirmten Elektroden

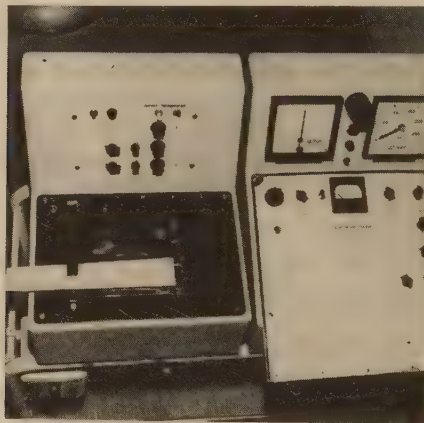


Abb. 1 Nystagmograph + elektron. Drehstuhlanlasser und eine Blickwinkleichung. Mit Hilfe dieses Drehstuhles kann eine Drehbeschleunigung von $0.1 - 10.0^{\circ}/\text{sec.}^2$ und eine Drehverzögerung von $0.1 - 5.0^{\circ}/\text{sec.}^2$ erreicht werden. Die Beschleunigung in unserer Versuchsanordnung dauerte ebenso wie die Verzögerung 90 Sekunden.

Zwischen Beschleunigung und Verzögerung und umgekehrt haben wir jeweils eine Pause von 1.5-2 Minuten eingelegt, damit sich das Labyrinth an den veränderten Zustand gewöhnen konnte. Außerdem legten wir eine Pause von 3 Minuten zwischen Rechts- und Linksdrehung ein.

Wir fixierten den Kopf der Versuchspersonen ausreichend durch Kopfstütze und waren bemüht, die möglichen Corioliserregungen der horizontalen Bogengänge auszuschalten. A r s l a n (3) wies darauf hin, daß Nystagmusänderungen auftreten, wenn während einer Drehung die Kopfhaltung verändert wird. Die beste Haltung für die horizontalen Bogengänge ist eine Flexionshaltung des Kopfes von 30° .



Abb. 2 elektron. Drehstuhl

Wir registrierten den Nystagmus mit dem geerdeten Elektronystagmograph und einer Zeitkonstanten von 1.5 Sekunden. Das Registrierpapier lief mit einer Geschwindigkeit von 5mm/sec. Der Filter war meist ausgeschaltet; nur in Ausnahmefällen bei sehr unruhigen Kurven filterten wir.

Die Elektroden zur Ableitung des Nystagmus befestigten wir am lateralen Orbitalrand mit Leukoplaststreifen. Die Elektroden befanden sich in der geringsten Entfernung vom schläfenwärts gelegenen Lidwinkel, da mit zunehmender Entfernung die Höhe des corneo-retinalen Potentials abnimmt (Abb. 3)



Abb. 3 Anlagen der Elektroden

Die Haut haben wir vor Anlegung der Elektroden mit Alkohol abgerieben und als Kontaktmittel gaben wir zwischen Haut und Elektrode eine Spezial-Elektrodenpaste. Am rechten Ohrläppchen befestigten wir die befeuchtete Erde. Nach R o b e r t und C o v i a u x (45) dient die Erdung zur Vermeidung elektrischer Störungen (z.B. elektrostatischer Aufladung) von seiten der Umgebung des Gerätes.

Als Vorversuch führten wir jeweils eine Blickwinkleichung von 20° durch. Damit konnten wir anschließend errechnen, welche Beziehung zwischen einem bestimmten Winkel der Augenauslenkung und der dadurch im Nystagmogramm erzeugten Auslenkung besteht. Die Größe der Nystagmusausschläge ist nämlich nur im Zusammenhang mit den Werten der Blickwinkleichung zu beurteilen.

4. Bestimmung der Drehreizschwelle der horizontalen Bogengänge.

Unter der Drehreizschwelle verstehen wir die niedrigste Drehbeschleunigung oder Verzögerung, die gerade einen Nystagmus auslöst. Die Richtung des Nystagmus zeigt an, welches Labyrinth gereizt wurde. Der adäquate Reiz für die Bogengänge ist die Winkelbeschleunigung. (12)

Dieser während der Beschleunigung oder Verzögerung ausgelöste Nystagmus wird als perrotatorischer Nystagmus bezeichnet.

M i t t e r m a i e r und R ö s s b e r g (27) fanden, daß bei einer Beschleunigung, die in Schwellennähe liegt nach einer Latenzzeit, die verschieden lang sein kann, ein Nystagmus für die ganze Dauer der Beschleunigung auftritt. Geht die Winkelbeschleunigung über $0.9^{\circ}/\text{sec}^2$ hinaus, so dauert auch der Nystagmus länger als die Beschleunigungszeit d.h. der Nystagmus hält auch noch in der Zeit des gleichmäßigen Nachdrehens an. Damit haben wir aber bereits die Schwelle überschritten, denn nach M o n t a n d o n (8) ist exakt die Drehreizschwelle folgendermaßen definiert: "das Minimum einer Drehbeschleunigung oder Verzögerung, das ausreicht, um das

Auftreten einer rhythmischen Augenbewegung in einer bestimmten Richtung nach einer gewissen Latenzzeit hervorzurufen und während der ganzen Zeit der Beschleunigung (oder Verzögerung) zu unterhalten. Der Nystagmus darf die Dauer des Reizes nicht überschreiten."

5. Bisherige Untersuchungen zur Drehreizschwellenbestimmung des perrotatorischen Nystagmus.

Unter der Bezeichnung "l'épreuve giratoire liminaire" bemühen sich seit dem Jahre 1951 M o n t a n d o n und seine Schule um eine exakte Bestimmung der Drehreizschwelle und um die Entwicklung einer genau arbeitenden Versuchsanordnung. Er verwendete zu seinen letzten Versuchen einen elektronisch gesteuerten Drehstuhl mit einer Beschleunigung zwischen 0.3 und $10.0^{\circ}/\text{sec}^2$. Alle seine Untersuchungen wurden ebenfalls in einem verdunkelten Raume durchgeführt. Bei diesem Test wurde mit einer unterschwelligen Beschleunigung begonnen und solange die Drehung mit immer größerer Winkelbeschleunigung fortgesetzt, bis die Schwelle erreicht war. Die Beschleunigungszeit war jeweils 90 Sekunden. Auf diese folgte eine Drehung mit konstanter Geschwindigkeit von 120 Sekunden Dauer. Anschließend wurde 90 Sekunden verzögert oder plötzlich abgestoppt. Bei letzterem Versuch verzichteten die Untersucher auf den perrotatorischen Nystagmus. Nach M o n t a n d o n's Angaben (42) lag der Drehreizschwellenwert bei $0.8^{\circ}/\text{sec}^2$. Unterhalb von $0.5^{\circ}/\text{sec}^2$ trat in keinem seiner aufgezeichneten Nystagmogramme ein Nystagmus auf. Jedoch erschien immer bei den Winkelbeschleunigungen zwischen $0.52^{\circ}/\text{sec}^2$ und $1.06^{\circ}/\text{sec}^2$ sowohl der Accélérations-als auch

der Decélérationnystagmus. Gleichzeitig wurde festgestellt, daß der Beschleunigungs- und der Verzögerungsnystagmus Schwellenwerte besitzen, die sich nur minimal voneinander unterscheiden.

M o n t a n d o n (8) sagte außerdem, daß eine Erhöhung über einen Wert von $1.0^{\circ}/\text{sec}^2$ als pathologisch anzusehen ist. Eine Erhöhung bis zu $3.0^{\circ}/\text{sec}^2$ sei eine leichte, von $3.0-5.0^{\circ}/\text{sec}^2$ eine mittlere und auf $6.0^{\circ}/\text{sec}^2$ eine hochgradige Untererregbarkeit. Er bestätigte diese Annahme durch eine ganze Reihe vergleichender Untersuchungen mit thermischen und anderen rotatorischen Verfahren.

F u m e a u x (15) veröffentlichte 1960 eine Reihe vergleichender Untersuchungen über den perrotatorischen Nystagmus. Er bestimmte bei 163 ohr-gesunden Versuchspersonen im Alter von 12-69 Jahren die Drehreizschwelle. Nach seinen Ergebnissen liegt die untere Grenze der Schwelle bei $0.76^{\circ}/\text{sec}^2$ und die obere Grenze bei $1.08^{\circ}/\text{sec}^2$. Der Mittelwert beträgt $0.92^{\circ}/\text{sec}^2$ mit einer Standardabweichung von $0.08^{\circ}/\text{sec}^2$. Außerdem versuchte er die Drehreizschwelle mit dem Alter der Versuchspersonen in Beziehung zu bringen. Er teilte seine Nystagmogramme nach drei verschiedenen Altersklassen ein: a) 12-19-jährige; b) 20-49-jährige und c) über 50-jährige. Der jeweilige Mittelwert lag

aber bei allen drei Klassen bei $0.91^{\circ}/\text{sec}^2$.

Aber schon sehr viel früher finden sich in der Literatur Schwellenwertangaben, die von den obigen Ergebnissen kaum differieren. So fand 1940 B u y s den Schwellenwert in der Nähe von $1.0^{\circ}/\text{sec}^2$, 1934 A r s l a n und 1948 G r o e n und J o n g - k e e s diesen zwischen $0.5 - 1.0^{\circ}/\text{sec}^2$. (42)

R u s s b a c h (8) fand 1955 in einer Untersuchungsreihe von 34 Normalpersonen einen Mittelwert von $0.77^{\circ}/\text{sec}^2$ ($0.52-1.06^{\circ}/\text{sec}^2$) für die Drehbeschleunigung und von $0.83^{\circ}/\text{sec}^2$ ($0.5-1.02^{\circ}/\text{sec}^2$) für die Drehverzögerung. In der gleichen Höhe liegen bei $0.77-0.89^{\circ}/\text{sec}^2$ die Ergebnisse systematischer Untersuchungen von C a m a r d a aus dem Jahre 1957/58.

Wesentlich niedriger liegen hingegen die von D e c h e r (8) gefundenen Drehreizschwellen. Seine Versuchspersonen hatten ein Durchschnittsalter von 25,7 Jahren. Er ging ebenfalls von der von M o n - t a n d o n angegebenen Versuchsanordnung aus und verwendete einen elektrisch angetriebenen Drehstuhl der Firma Tönnies. Die mittleren Drehreizschwellen liegen bei ihm bei $0.36^{\circ}/\text{sec}^2$ bzw. $0.37^{\circ}/\text{sec}^2$.

Nach M i t t e r m a i e r ist dieser Unterschied zu den vorherigen Ergebnissen auf die

differenten Apparaturen zurückzuführen. Er spricht daher auch von einem klinisch feststellbaren Schwellenwert und nicht von einer biologischen Konstanten.

Wir wissen, daß die Drehreizschwelle von verschiedenen Faktoren abhängig ist. So ist uns von K e s e r (21) bekannt, daß während des Schlafes kein Nystagmus zu erzeugen ist.

Auch das Alter der Versuchspersonen stellt nach neueren Erkenntnissen einen dieser Faktoren dar. 1959 erschien eine Arbeit von C a m a r d a und L u m i a (7) mit Elektronystagmogrammen alter Leute zwischen 70 und 92 Jahren. Sie fanden eine Untererregbarkeit des Labyrinthes mit Schwellenwerten von $1.4-9.0^{\circ}/\text{sec}^2$.

H a a s (16) führte 1963 mit der gleichen Versuchsanordnung wie wir eine Reihe vergleichender Untersuchungen bei Patienten verschiedener Altersgruppen durch. Seine Ergebnisse für die Gruppe der 15-50-jährigen Versuchspersonen sind: 0.52 bzw. $0.51^{\circ}/\text{sec}^2$ und für die Gruppe der 50-80-jährigen 0.72 bzw. $0.69^{\circ}/\text{sec}^2$. Er fand somit eine statistisch gesicherte Abhängigkeit der Drehreizschwelle vom Alter der Untersuchten.

Auch über die Frage der Wiederholungsprüfungen haben sich schon einige Autoren Gedanken gemacht.

M i t t e r m a i e r (29) fand eine Herabsetzung der Erregbarkeit des Vestibularapparates nach Wiederholungsprüfungen. V a n d e r V i s deutete dies "als Folge einer Abnahme der zentralen Empfindlichkeit für die Wahrnehmung von Drehreizen", während H a l l p i k e von einer " A d a p t i o n " im Bereich der Cupula spricht.

D e c h e r wiederholte alle seine Schwellenbestimmungen nach 24 Stunden und fand im höchsten Falle eine Abweichung von $0.1^{\circ}/\text{sec}^2$.

E c k e l (11), K u i p e r s (23) und W e n d t (51) führten größere Untersuchungsreihen zur tageszeitlichen Variabilität des experimentellen Nystagmus auf kalorische und rotatorische Reize durch. Sie suchten besondere konstante Durchschnittswerte und große oder kleine Streuungen im Laufe eines Tages. Es konnten aber weder beim thermischen noch beim per-oder postrotatorischen Nystagmus allgemeine Regeln für tageszeitliche Schwankungen der Durchschnittswerte noch für das Ausmaß der Streuung aufgestellt werden. Nur über einzelne Qualitäten wie Dauer, mittlere Steigung und Frequenz und bezüglich der Seitendifferenz des per-, postrotatorischen und thermischen Nystagmus ließen sich kleinere tageszeitliche Diffe-

renzen feststellen. Eine signifikante Abhängigkeit der gefundenen Mittagswerte zu den Morgenwerten und den Abendwerten war jedoch nicht zu finden.

Auch bei den Untersuchungen von M i t t e r - m a i e r und C h r i s t i a n (30) von 5 Versuchspersonen ergab sich keine Abhängigkeit von der Tageszeit.

6. Untersuchungen zur Frage der Abhängigkeit der Drehreizschwelle von der Tageszeit.

Wir hatten uns die Aufgabe gestellt, die Drehreizschwelle an zwei verschiedenen Tageszeiten zu beobachten und festzustellen, ob sie in Abhängigkeit zu diesen steht.

Wir führten unsere Untersuchungen an 49 ohr-gesunden Versuchspersonen im Alter von 15 - 35 Jahren durch. Als Versuchsanordnung diente uns der von M o n t a n d o n angegebene Schwellentest (90 Sekunden Beschleunigungszeit — 1.5-2 Minuten konstante Geschwindigkeit — 90 Sekunden Verzögerungszeit) mit dem Modell eines elektronisch gesteuerten Drehstuhles der Firma Tönnies.

Die Drehreizschwellenbestimmung wurde von uns jeweils zwischen 7⁰⁰ - 9⁰⁰ Uhr vorgenommen und am gleichen Abend, 11-12 Stunden später wiederholt. Als Kontrolle diente uns eine dritte Untersuchung am folgenden Morgen, 24 Stunden nach der ersten Bestimmung. Wir begannen jeweils mit der Rechtsdrehung und stellten nacheinander folgende Endgeschwindigkeiten und Beschleunigungen ein:

20°/sec	0.2°/sec ²
40°/sec	0.4°/sec ²
60°/sec	0.6°/sec ²
80°/sec	0.8°/sec ²
100°/sec	1.0°/sec ²

Bei einem großen Teil der Fälle mußten wir abends noch wesentlich höhere Werte einstellen.

War die Drehreizschwelle für die Rechtsdrehung bestimmt, so schalteten wir auf die Linksdrehung, die ebenfalls mit $20^{\circ}/\text{sec}$ und $0.2^{\circ}/\text{sec}^2$ begonnen wurde. Hatten wir z.B. bei einem Wert von $0.4^{\circ}/\text{sec}^2$ noch keinen Nystagmus registrieren können und war dieser dann bei $0.6^{\circ}/\text{sec}^2$ überschwellig, so nahmen wir als Drehreizschwelle den Mittelwert von $0.5^{\circ}/\text{sec}^2$ an.

Für unsere Untersuchungen standen uns 49 Versuchspersonen zur Verfügung. Es handelte sich um Kollegen, Studenten anderer Fakultäten und um Schüler im Alter von 15 - 35 Jahren, die auch an den Untersuchungstagen ihren normalen Tagesrhythmus beibehielten. Das Durchschnittsalter der Untersuchten war 23,6 Jahre.

Wir nahmen nur solche Personen, die in der Anamnese keine Ohrerkrankungen oder ein Schädeltrauma aufwiesen.

Außerdem fertigten wir vor Beginn der Untersuchung ein Audiogramm an, das seitengleich und altersentsprechend sein mußte.

Dann prüften wir mit Hilfe der Frenzel'Brille auf Spontannystagmus, Lagewechselnystagmus und Kopfschüttelnystagmus. Bevor wir zur Aufzeichnung der Elektronystagmogramme gingen, fertigten wir im Anschluß an die Blickwinkleichung für jede Versuchsperson ein Ruhenystagmogramm an, um auch hierdurch einen eventuellen Spontannystagmus auszuschließen.

Wir machten unseren Versuchspersonen zur Auflage, mindestens einen Tag vor dem Experiment keine Schlafmittel oder Alkohol zu sich zu nehmen, da dies eventuell unsere Elektronystagmogramme beeinflusst hätte.

Die ganze Untersuchung fand in einem verdunkelten Raume statt. Die Versuchspersonen hielten während der ganzen Zeit die Augen leicht geschlossen. Zusätzlich hängten wir ihnen noch ein dunkles Tuch über den Kopf, um sie so vollkommen vor einem möglichen Lichteinfall zu schützen. M i t t e r m a i e r, R o s s b e r g u.a. haben in früheren Versuchen festgestellt, daß äußere Einflüsse meist eine Dämpfung des Nystagmus zur Folge haben. Um diese störende Reaktion zu vermeiden, schieden wir auch alle vermeidbaren Geräusche aus.

Wir veranlassten die Versuchspersonen während

der ganzen Untersuchungszeit den Kopf ruhig zu halten und sich weitgehend zu entspannen.

Für die Drehreizschwellen erhielten wir folgende Durchschnittswerte:

	<u>Rechtsdrehung</u>		<u>Links-drehung</u>	
	R_1	L_1	L_2	R_2
1. Morgen	0.45	0.43	0.46	0.46
2. Morgen	0.47	0.46	0.47	0.47
Abend	0.60	0.55	0.58	0.59

Wir liegen hier bei unseren Morgenwerten um $0.06 - 0.08^\circ/\text{sec}^2$ etwas unterhalb der Schwellenwerte, die H a a s bei gleicher Versuchsanordnung und Apparatur für die Gruppe der 15-50-jährigen Versuchspersonen gefunden hatte. Allerdings haben wir bei unseren Versuchspersonen ein etwas geringeres Durchschnittsalter zu verzeichnen.

Dagegen sind unsere Durchschnittswerte rechts um $0.1^\circ/\text{sec}^2$ und links um $0.08^\circ/\text{sec}^2$ höher als die von D e c h e r. Dieser hat ja ebenfalls mit dem gleichen, elektrisch gesteuerten Drehstuhl wie wir gearbeitet und so dürfen wir unsere Ergebnisse auch mit den seinen vergleichen.

Im Allgemeinen können wir sagen, daß unsere Drehreizschwellen niedrigere Werte besitzen als die, die vor D e c h e r und H a a s in der Literatur angegeben werden.

Wir konnten auch bei 2 Versuchspersonen sogenannte Pendeldeviationen beobachten, ohne daß ein Nystagmus registriert wurde. Wenn wir unsere Personen dann anriefen, so trat jedesmal bei der folgenden Drehung die Schwelle auf und die sinusartigen Kurven verschwanden. Wir nehmen an, daß der Grund für die Pendeldeviationen an einer Ermüdung der Versuchspersonen liegt.

Die Latenzzeit bis zum Auftreten des Nystagmus betrug in der Regel bei uns 20-30 Sekunden. Allerdings haben wir auch einige Male eine etwas höhere Latenzzeit bemerkt. Sie steht jedoch in keinem Zusammenhang mit der Höhe des Schwellenwertes.

Um eine verbindliche Aussage über die Tagesabhängigkeit der Drehreizschwelle machen zu können, haben wir unser Material statistisch aufgearbeitet.

7. Statistische Auswertung der Ergebnisse.

Bei der statistischen Auswertung unserer Ergebnisse waren folgende Fragen zu untersuchen:

1. Unterscheiden sich die Mittelwerte der drei gefundenen Schwellenwerte von morgens, abends und der Kontrolle. Lassen sich nun Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten nachweisen, so ist dann zu prüfen, ob zwischen den beiden Morgenbestimmungen Unterschiede bestehen oder ob sich lediglich Morgen- und Abendwerte voneinander unterscheiden.

2. Bestehen Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Versuchspersonen.

Die Prüfung der Unterschiede mehrerer Mittelwerte erfolgt mit Hilfe der doppelten Varianzanalyse. Diese hat jedoch zur Voraussetzung, daß die Varianzen innerhalb der einzelnen Gruppen übereinstimmen. Setzt man voraus, daß die Meßwerte normal verteilt sind, kann die Übereinstimmung der Varianzen nach dem Bartlett-Test geprüft werden.

a) Bartlett-Test:

Der Bartlett-Test prüft, ob die Varianzen innerhalb der einzelnen Gruppen gleich sind, da nur unter dieser Voraussetzung die doppelte Varianzanalyse angewendet werden darf.

Nach Bartlett gilt folgende Formel zur Rechnung:

$$\chi^2 = f \times \ln s^2 - \sum_{i=1}^l f_i \times \ln s_i^2$$

Die einzelnen Werte zu dieser Formel bedeuten:

f = Summe der Freiheitsgrade aller Gruppen

s^2 = mittlere Varianz

f_i = Freiheitsgrade in der i-ten Gruppe

s_i^2 = Varianz in der i-ten Gruppe

l = Anzahl der Gruppen (Spalten)

Da die Freiheitsgrade in den einzelnen Gruppen gleich sind ($f_1 = f_2 = f_3 = f_m$), ist die vereinfachte Formel

$$\chi^2 = f \times \left(\ln s^2 - \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \ln s_i^2 \right)$$

hier gültig.

Die Rechnung vereinfacht sich bei der Verwendung dekadischer Logarithmen. Aus diesem Grunde muß die gesamte Formel mit dem Umrechnungsfaktor $2,3026 = \ln_{10}$ multipliziert werden. ($2,3026 = \ln_{10}$ = Umrechnungsfaktor natürlicher Logarithmen in dekadische).

Es gilt also nun folgende Formel:

$$\chi_o^2 = 2,3026 \times \left[f \times \left(\lg s^2 - \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \lg s_i^2 \right) \right]$$

Für die Originalwerte zeigt sich, daß die Varianzen innerhalb der Gruppen nicht übereinstimmen. Deshalb werden die Meßwerte logarithmiert.

Nach logarithmischer Transformation ergeben sich folgende χ^2 - Werte:

für die Rechtswerte der Drehreizschwelle:

$$f_i = n_i - 1 = 48 \quad (n_i = \text{Anzahl der Versuchspersonen} = 49)$$

$$f = 288 - \sum f_i$$

$$s^2 = 0,0471$$

$$\sum f_i \times \ln s_i^2 = - 383,5488$$

$$f \times \ln s^2 = - 382,1760$$

$$\chi_0^2 = 2,3026 \times 1,3728 = 3.1610$$

$$f \chi_0^2 = i - 1 = 55$$

(i = Anzahl der Spalten)

und für die Linkswerte:

$$s^2 = 0,0452$$

$$\sum f_i \times \ln s_i^2 = - 391,3312$$

$$f \times \ln s^2 = - 387,3312$$

$$\chi_0^2 = 2,3026 \times 4,4448 = 10,2346$$

$$(0,1 > P > 0,05)$$

Die Varianzen innerhalb der Gruppen stimmen damit überein, so daß die Varianzanalyse angewendet werden darf.

b) D O P P E L T E V A R I A N Z A N A L Y S E (50):

Für die doppelte Varianzanalyse sind nun zwei Ansätze möglich:

1. Die Drehreizschwellen bei gleichgerichtetem Nystagmus (Rechts-Beschleunigung --- Links-Verzögerung) können als Wiederholung aufgefaßt werden.

Dieser Ansatz (vgl. Anhang Nr. 2) würde als weitere Variationsursache die sogenannte Wechselwirkung erfassen. Eine Wechselwirkung zwischen Versuchspersonen und Tageszeiten würde dann vorliegen, wenn z.B. einige Versuchspersonen morgens die höheren Schwellenwerte, die anderen dagegen abends die höheren Schwellenwerte haben. Da jedoch die Bestimmung der Schwelle in Stufen von $0,2^{\circ}/\text{sec}^2$ erfolgt, würde bei einem derartigen Ansatz die Varianz zwischen den Wiederholungen, d.h. die eigentliche Versuchsstreuung zu klein werden.

2. Es empfiehlt sich für unsere Untersuchungen besser der nun folgende Ansatz. Bei diesem Ansatz werden die beiden Schwellenbestimmungen nicht als echte Wiederholungen angesehen. Zur Berechnung der Versuchsstreuung werden deshalb Wechselwirkung und Streuung zwischen den Wiederholungen zusammengefasst.

Nach diesem Ansatz ist die Zerlegung der Summe in folgende Variationsursachen (SAQ_i) möglich:

- 1) Zwischen den Tageszeiten
- 2) Zwischen den Versuchspersonen
- 3) Rest (Versuchsstreuung)

In gleicher Weise kann die Anzahl der Freiheitsgrade (f_i) zerlegt werden. Der Quotient SAQ_i/f_i ergibt die sogenannten mittleren Abweichungsquadrate (MAQ_i).

Bestehen zwischen den Mittelwerten keine Unterschiede, dann sind alle MAQ_i Schätzungen der Versuchsstreuung. Beurteilt wird deshalb, ob der Quotient $MAQ_i / MAQ_{\text{Rest}} > 1$ ist. Der Bereich in dem der Quotient zufällig schwanken kann, ist durch die F-Verteilung gegeben. Ist der Quotient größer als der Wert der F-Verteilung für die Irrtumswahrscheinlichkeit 0,01 bei den entsprechenden Freiheitsgraden in Zähler und Nenner, so kann angenommen werden, daß zwischen den Mittelwerten Unterschiede bestehen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich folgendes Schema für die Varianzanalyse:

Rechtswerte:

S A Q	Fg	MAQ	F
1. Zwischen den Tageszeiten	2	0,3341	<u>MAQ₁</u>
0,6682			MAQ ₃
=====			24,57
			P < 0,001

2. Zwischen den Versuchspersonen			
9,6819			<u>MAQ₂</u>
=====	48	0,2017	MAQ ₃
			14,83
			P < 0,001

3. Reststreuung (Wechselwirkung + Reststreuung)			
	243	0,0136	
3,2973			
=====			

Gesamtstreuung			
13,6473	297		

Linkswerte:

1. Zwischen den Tageszeiten	2	0,2025	13,3308
0,3626			P < 0,001
=====			
2. Zwischen den Versuchspers.	48	0,2025	14,8897
<u>9,7234</u>			P < 0,001
=====			
3. Reststreuung	243	0,0136	
3,3180			
=====			

Gesamtstreuung			
13,4040	297		

c) O R T H O G O N A L E V E R G L E I C H E :

Durch die Varianzanalyse wird nur summarisch bestimmt, ob sich die einzelnen Werte voneinander unterscheiden. Um nun genau sagen zu können, ob sich die Morgenwerte von den Abendwerten unterscheiden, oder ob auch eine Differenz zwischen den beiden Morgenwerten besteht, also die Drehreizschwelle sich bei jedem Versuch ändert, muß die S A Q (Summe aller Abweichungsquadrate) in orthogonale Vergleiche zerlegt werden.

Als Voraussetzung gilt:

Ist $F > 6,74$ und damit $P < 0,01$, dann ist der Unterschied als gesichert zu betrachten. Liegt dagegen $6,74 > F > 3,9$ und damit $0,05 > P > 0,01$, so ist der Unterschied auffällig.

Rechnung für die Rechtswerte:

$\bar{x}_1$ = Summe der ersten Morgenwerte

$\bar{x}_2$ = Summe der zweiten Morgenwerte (Kontrolle)

$\bar{x}_3$ = Summe der Abendwerte

k = Anzahl der Versuchspersonen

I. Vergleiche zwischen den beiden Morgenwerten

			Fg	F ₁
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\frac{1}{2 \cdot 2k}$	$(x_1 + x_2)$	1 0,0265	1,95
$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 - 2\bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 6k}$	$(x_2 + x_1 - 2x_3)$	1 0,6416	47,18
			0,6681	

II. Zwischen Kontrolle und Abendwert

$\bar{x}_2 - \bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 2k}$	$(x_2 - x_3)$	1 0,3749	$\begin{matrix} 25,57 \\ P < 0,001 \end{matrix}$
$\bar{x}_2 + \bar{x}_3 - 2\bar{x}_1$	$\frac{1}{2 \cdot 6k}$	$(x_2 + x_3 - 2x_1)$	1 0,2933	
			0,6682	

III. Zwischen erstem Morgenwert und Abendwert

$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 2k}$	$(x_1 - x_3)$	1 0,6008	44,18
$\bar{x}_1 + \bar{x}_3 - 2\bar{x}_2$	$\frac{1}{2 \cdot 6k}$	$(x_1 + x_3 - 2x_2)$	1 0,0673	
			0,6681	
Restvarianz			293 0,0136	

Das gleiche gilt nun auch für die Linkswerte

I. Zwischen beiden Morgenwerten

		F_g		F_1
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\frac{1}{2 \cdot 2k} (x_1 - x_2)$	1	0,0154	1,13
$\bar{x}_1 + \bar{x}_2 - 2\bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 6k} (x_1 + x_2 - 2x_3)$	1	0,3472	
			0,3626	

II. Zwischen Kontrolle und Abendwert

$\bar{x}_2 - \bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 2k} (x_2 - x_3)$	1	0,2008	14,77
				$P < 0,001$
$\bar{x}_2 + \bar{x}_3 - 2\bar{x}_1$	$\frac{1}{2 \cdot 6k} (x_2 + x_3 - 2x_1)$	1	0,1618	
			0,3626	

III. Zwischen erstem Morgenwert und Abendwert

$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\frac{1}{2 \cdot 2k} (x_1 - x_3)$	1	0,3276	24,09
				$P < 0,001$
$\bar{x}_1 + \bar{x}_3 - 2\bar{x}_2$	$\frac{1}{2 \cdot 6k} (x_1 + x_3 - 2x_2)$	1	0,0349	
			0,3625	

Restvarianz	293	0,0136
-------------	-----	--------

d) Z U S A M M E N F A S S E N D E S E R G E B N I S :

Im Endergebnis haben wir also nun $P < 0,001$ für den ersten Morgenwert zu Abendwert und den zweiten Morgenwert zu Abendwert. Dagegen ist $P > 0,05$ für den ersten Morgenwert zur Kontrolldrehung am zweiten Morgen. Wir können jetzt folgendes sagen:

Durch die Varianzanalyse und den orthogonalen Vergleich läßt sich ein Unterschied der Drehreizschwelle an den einzelnen Tageszeiten feststellen. Die Drehreizschwelle der Morgenwerte unterscheidet sich deutlich von der der Abendwerte. Sie liegt morgens niedriger als am Abend. Ein Unterschied zwischen den beiden Morgenwerten hingegen ist nicht nachzuweisen.

Eine Adaption des Vestibularorganes kann nicht Ursache dieser tageszeitlichen Differenz der Schwellenwerte sein, da die einzelnen Drehreizschwellenbestimmungen zeitlich sehr weit auseinander lagen. Außerdem müßte dann auch die dritte Bestimmung am zweiten Morgen höhere Werte besitzen.

Unsere Untersuchung bestätigt somit die schon von M i t t e r m a i e r gemachte Aussage, daß die Drehreizschwelle keine Biologische Konstante ist.

Zusammenfassung

Zur Frage der Abhängigkeit der Drehreizschwelle von der Tageszeit führten wir im Sommer 1963 eine Reihe von Untersuchungen an 49 ohrgesunden Versuchspersonen durch. Unsere Versuchspersonen waren im Alter von 15 - 35 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 23,6 Jahren.

Wir bestimmten die Drehreizschwelle mit Hilfe des elektronisch gesteuerten Drehstuhles der Firma Tönnies mit dem zwei-fach Nystagmographen aus dem Jahre 1961.

Unsere Untersuchungen wurden dreimal im Abstand von jeweils 11-12 Stunden vorgenommen. Wir hielten uns an die M o n t a n d o n'sche Methode und erhielten folgende Schwellenwerte:

	Rechtsdrehung / Linksdrehung			
	R ₁	/ L ₁	L ₂	/ R ₂
1. Morgen	0.45	0.43	0.46	0.46
2. Morgen	0.47	0.46	0.47	0.47
Abend	0.60	0.55	0.58	0.59

Mit Hilfe von Varianzanalysen und der orthogonalen Vergleiche konnten wir nachweisen, daß sich die

Drehreizschwelle im Laufe eines Tages ändert. Sie liegt abends höher als am Morgen und hat nach einer Ruhepause von 12 Stunden ihren Ausgangswert wieder erreicht.

Im Anschluß an unsere Arbeit bliebe noch die Frage offen, ob man diese Abhängigkeit der Drehreizschwelle von der Tageszeit auch bei Vestibularschäden vorfindet. Dazu wären ebenfalls eine Reihe vergleichender Untersuchungen an geeigneten Patienten nötig, um darüber eine Aussage machen zu können. Vielleicht ergibt sich bei weiterem Ausbau dieser Methode ein zusätzlicher klinischer Test zur Ausschaltung von Vestibularisschädigungen.

DREHREIZSCHWELLEN

NAME

ALTER

TAGESZEIT

RECHTS-DREHUNG

LINKS-DREHUNG

1. Gertraud S.	22	1. MORGEN	0.2	0.2	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.3	0.2	0.2	0.2
		ABEND	0.2	0.2	0.2	0.2
2. Michael T.	24	1. MORGEN	0.6	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4
		ABEND	0.5	0.4	0.4	0.4
3. Geza B.	25	1. MORGEN	0.2	0.2	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.3	0.2	0.2	0.3
		ABEND	0.3	0.2	0.2	0.2
4. Marianne M.	23	1. MORGEN	0.2	0.2	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.2	0.2	0.2	0.2
		ABEND	0.2	0.2	0.2	0.2
5. Jrmhild H.	24	1. MORGEN	0.2	0.4	0.4	0.2
		2. MORGEN	0.2	0.4	0.4	0.2
		ABEND	0.4	0.4	0.4	0.2
6. Elisabeth L.	23	1. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.5	0.5	0.4
		ABEND	0.4	0.4	0.5	0.4
7. EIKE K.	23	1. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.3	0.3	0.2	0.3
		ABEND	0.4	0.4	0.4	0.4

DREHREIZSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	RECHTSDREHUNG	LINKSDREHUNG
8. Lothar K.	24	1. MORGEN	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.4
		ABEND	0.5	0.4
9 Rosemarie K.	24	1. MORGEN	0.4	0.5
		2. MORGEN	0.4	0.5
		ABEND	0.3	0.4
10. Ingrid G.	16	1. MORGEN	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.4	0.2
		ABEND	0.4	0.3
11. Ehrhart A.	25	1. MORGEN	0.2	0.4
		2. MORGEN	0.3	0.3
		ABEND	0.5	0.5
12. Lajos B.	23	1. MORGEN	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.3	0.3
		ABEND	0.4	0.3
13. Konrad L.	24	1. MORGEN	0.6	0.4
		2. MORGEN	0.5	0.4
		ABEND	0.5	0.4
14. Hartmut W.	19	1. MORGEN	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.6	0.5
		ABEND	0.6	0.4

DREHREIZSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	DREHREIZSCHWELLEN		
			RECHTS-DREHUNG	LINKS-DREHUNG	
15. Ulrich H.	15	1. MORGEN	0.2	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.2	0.2	0.2
		ABEND	0.4	0.2	0.3
16. Ute H.	25	1. MORGEN	0.4	0.4	0.2
		2. MORGEN	0.3	0.2	0.3
		ABEND	0.6	0.4	0.6
17. Fritz B.	25	1. MORGEN	0.8	0.4	0.6
		2. MORGEN	0.6	0.4	0.6
		ABEND	0.6	0.4	0.6
18. Helga P.	24	1. MORGEN	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.2	0.2	0.3
		ABEND	0.4	0.2	0.4
19. Christa K.	24	1. MORGEN	0.4	0.2	0.3
		2. MORGEN	0.6	0.6	0.4
		ABEND	0.6	0.4	0.5
20. Adam R.	28	1. MORGEN	0.6	0.4	0.7
		2. MORGEN	0.7	0.4	0.6
		ABEND	0.9	0.6	0.8
21. Rudolf W.	23	1. MORGEN	0.4	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.3	0.4	0.3
		ABEND	0.6	0.4	0.6

DREHREIZSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	RECHTSDREHUNG			LINKSDREHUNG		
			1. MORGEN	2. MORGEN	ABEND	1. MORGEN	2. MORGEN	ABEND
22. Hartmut K.	25	1. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
		ABEND	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5
23. Ingrid K.	26	1. MORGEN	0.5	0.5	0.3	0.3	0.5	0.5
		2. MORGEN	0.9	0.2	0.2	0.5	0.8	0.8
		ABEND	0.5	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
24. Gerrit S.	18	1. MORGEN	0.8	1.0	0.6	0.8	0.6	0.6
		2. MORGEN	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6
		ABEND	0.6	0.2	0.5	0.5	0.2	0.2
25. Ursula K.	23	1. MORGEN	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2
		2. MORGEN	0.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2
		ABEND	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4
26. Wilhelm E.	25	1. MORGEN	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4
		2. MORGEN	0.6	0.6	0.4	0.6	0.6	0.6
		ABEND	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4
27. Margot W.	24	1. MORGEN	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6
		2. MORGEN	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8
		ABEND	0.9	0.4	0.6	0.6	0.4	0.4
28. Albrecht Sch.	25	1. MORGEN	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.4
		ABEND	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

DREHREIßSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	RECHTS-DREHUNG			LINKS-DREHUNG		
			1. MORGEN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
29. Elisabeth C.	23	2. MORGEN		0.3	0.4	0.3	0.3	0.2
		ABEND		0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
		1. MORGEN		0.3	0.6	0.4	0.4	0.3
30. Anneliese K.	19	2. MORGEN		0.3	0.6	0.6	0.6	0.3
		ABEND		0.4	0.6	0.8	0.8	0.5
		1. MORGEN		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
31. Roswitha Z.	23	2. MORGEN		0.5	0.4	0.2	0.2	0.4
		ABEND		0.4	0.4	0.8	0.8	0.8
		1. MORGEN		1.0	0.6	0.8	0.8	0.8
32. Brigitte P.	23	2. MORGEN		0.6	0.5	0.8	0.8	0.8
		ABEND		0.4	0.5	0.4	0.4	0.4
		1. MORGEN		0.4	0.5	0.5	0.5	0.4
33. Walter K.	23	2. MORGEN		0.5	0.4	0.5	0.5	0.4
		ABEND		0.6	0.4	0.8	0.8	0.8
		1. MORGEN		0.8	0.6	0.4	0.4	0.8
34. Dieter K.	18	2. MORGEN		0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
		ABEND		0.8	1.0	0.6	0.6	1.0
		1. MORGEN		0.6	0.4	0.6	0.6	1.0
35. Falk T.	20	2. MORGEN		0.6	0.6	0.7	0.7	0.5
		ABEND		1.0	0.8	0.6	0.6	0.8
		1. MORGEN		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

DREHREIZSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	RECHTS-DREHUNG		LINKS-DREHUNG	
			0.4	0.3	0.3	0.4
36. Marianne B.	35	1. MORGEN	0.4	0.3	0.3	0.4
		2. MORGEN	0.2	0.4	0.4	0.4
		ABEND	0.2	0.6	0.6	0.4
37. Maren B.	25	1. MORGEN	0.3	0.3	0.2	0.2
		2. MORGEN	0.4	0.2	0.2	0.5
		ABEND	0.4	0.2	0.3	0.4
38. Hannelore E.	24	1. MORGEN	0.4	0.6	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.6	0.6	0.5
		ABEND	1.0	1.6	1.5	1.1
39. Horst L.	30	1. MORGEN	0.5	0.4	0.5	0.6
		2. MORGEN	0.5	0.3	0.3	0.6
		ABEND	0.9	0.8	1.1	1.0
40. Renate Sch.	19	1. MORGEN	1.0	0.8	0.8	1.2
		2. MORGEN	0.9	0.7	0.8	1.1
		ABEND	0.4	0.2	0.3	0.6
41. Kiril J.	35	1. MORGEN	0.6	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4
		ABEND	0.8	0.4	0.5	0.7
42. Sieglinde W.	21	1. MORGEN	0.8	0.6	0.6	0.8
		2. MORGEN	0.7	0.4	0.4	0.7
		ABEND	1.2	0.7	0.9	1.0

DREHREIZSCHWELLEN

NAME	ALTER	TAGESZEIT	RECHTSDREHUNG		LINKSDREHUNG	
			0.8	0.7	0.8	0.6
43. Ursula J.	26	1. MORGEN	0.6	0.6	0.6	0.6
		2. MORGEN	0.8	0.8	1.1	1.0
		ABEND	0.4	0.5	0.6	0.6
44. Adelheid Z.	24	1. MORGEN	0.6	0.5	0.4	0.5
		2. MORGEN	1.4	1.3	1.2	1.2
		ABEND	1.0	1.2	1.2	1.2
45. Uwe E.	20	1. MORGEN	1.2	1.4	1.4	1.2
		2. MORGEN	1.8	2.0	2.0	1.8
		ABEND	0.4	0.4	0.4	0.4
46. Helga B.	30	1. MORGEN	0.4	0.4	0.5	0.4
		2. MORGEN	0.4	0.8	0.8	0.4
		ABEND	0.4	0.4	0.4	0.4
47. Wolfgang Sch.	21	1. MORGEN	0.4	0.4	0.4	0.4
		2. MORGEN	1.0	0.9	0.8	0.8
		ABEND	0.2	0.4	0.4	0.2
48. Edward G.	27	1. MORGEN	0.2	0.4	0.6	0.2
		2. MORGEN	0.5	0.8	0.8	0.4
		ABEND	0.2	0.4	0.4	0.4
49. Winfried Sch.	22	1. MORGEN	0.9	0.9	1.0	0.8
		2. MORGEN	1.0	0.8	0.9	0.8
		ABEND	0.9	0.8	0.9	0.8

DOPPELTE VARIANZANALYSE MIT WIEDERHOLUNGEN RECHTSWERTE

$X = 191,1203$	$\frac{X^2}{n} = \frac{124,2414}{1}$	$\sum \frac{X_n^2}{k \cdot r} (3) = 124,9096$	$\frac{\sum X_{in}^2}{r} (5) = 137,1069$		
$n = 294$	$\sum x_{ij}^2 (2) = 137,8887$	$\sum \frac{x_i^2}{g \cdot r} (4) = 133,9233$			
VARIANZ	SAQ	f	MAQ = $\frac{SAQ}{f}$	F	P
a. Zwischen den GRUPPEN (TAGESZEITEN) (3) - (1)	0,6682	$(g-1)$ 2	0,3341	$\frac{MAQ(a)}{MAQ(e)} = \frac{63,0377}{63,0377}$	
b. Zwischen den ZEILEN (VERSUCHSPERSONEN) (4) - (1)	9,6819	$(k-1)$ 48	0,2017	$\frac{MAQ(b)}{MAQ(e)} = \frac{38,0566}{4,9434}$	
c. WECHSELWIRKUNG (d) - (a) - (b)	2,5154	$(g-1)(k-1)$ 96	0,0262	$\frac{MAQ(c)}{MAQ(e)}$	
d. ZWISCHENSUMME (5) - (1)	12,8655	$(g \cdot k - 1)$ 146		4,9434	
e. RESTVARIANZ (ZWISCHEN WIEDERHOLUNGEN) (2) - (d)	0,7818	$(g \cdot k (r-1))$ 147	0,0053		
z. GESAMTVARIANZ (2) - (1)	13,6473	$(n-1)$ 293			
			X = GESAMTSUMME n = ANZAHL DER VERSUCHE r = ANZAHL DER WIEDERHOLUNGEN BEI GLEICHER DREHRICHTUNG k = ANZAHL D. VERSUCHSPERSONEN g = ANZAHL D. BESTIMMUNGSGESTEILE		

DOPPELTE VARIANZANALYSE MIT WIEDERHOLUNGEN

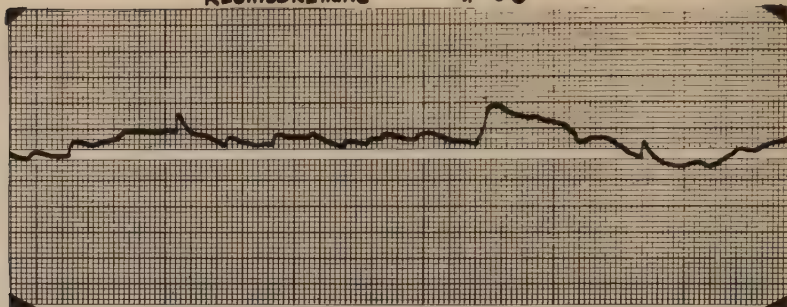
LINKSWERTE

$X = 186,0870$	$\frac{x^2}{n(1)} = 117,7862$	$\frac{\sum x \cdot n}{n \cdot r} = 118,1488$	$\frac{\sum x_i^2}{r} = 130,2191$
$n = 294$	$\sum x_{ij(2)}^2 = 131,1902$	$\frac{\sum x_i^2}{g \cdot r} = 127,5096$	
VARIANZ	SAQ	f	F
a. ZWISCHEN DEN TAGESZEITEN (3) - (1)	0,3626	$(g-1)$ 2	$\frac{MRQ(a)}{MRQ(e)}$ 27,4697
b. ZWISCHEN DEN VERSUCHS- PERSONEN (4) - (1)	0,7234	$(k-1)$ 48	$\frac{MRQ(b)}{MRQ(e)}$ 30,6818
c. WECHSELWIRKUNG (d) - (a) - (b)	2,3469	$(g-1)(k-1)$ 96	$\frac{MRQ(c)}{MRQ(e)}$ 3,6969
d. ZWISCHENSUMME (5) - (1)	12,4329	$(g \cdot k - 1)$ 146	
e. RESTVARIANZ (ZWISCHEN WIEDERHOLUNGEN) (2) - (d)	0,9711	$(g \cdot k (r-1))$ 147	0,0066
z. GESAMTVARIANZ (2) - (1)	13,4040	$(n-1)$ 293	

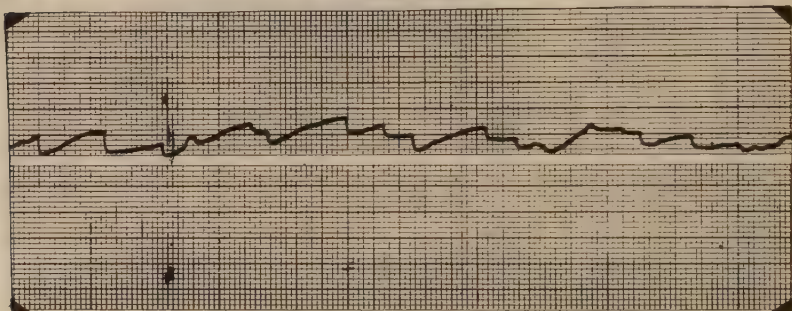
DRENREIZSCHWELLE (MORGEN) V. P. Nr. 32

RECHTSDREHUNG

R₁ 0.6

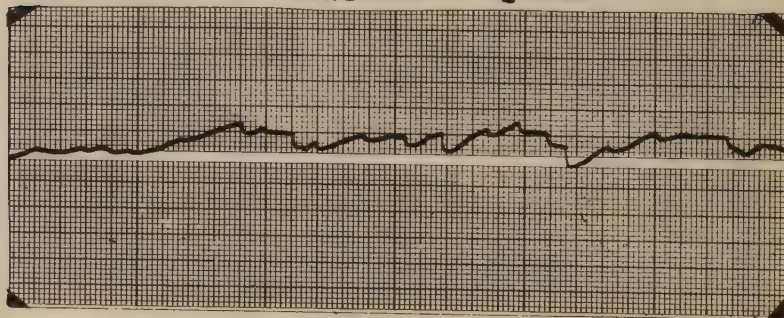


L₁ 0.6

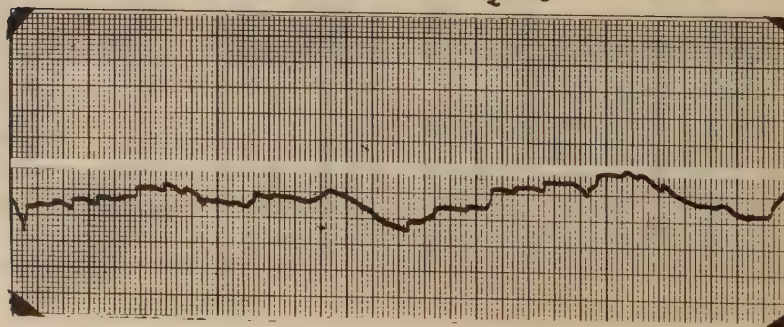


LINKSDREHUNG

L₂ 0.8

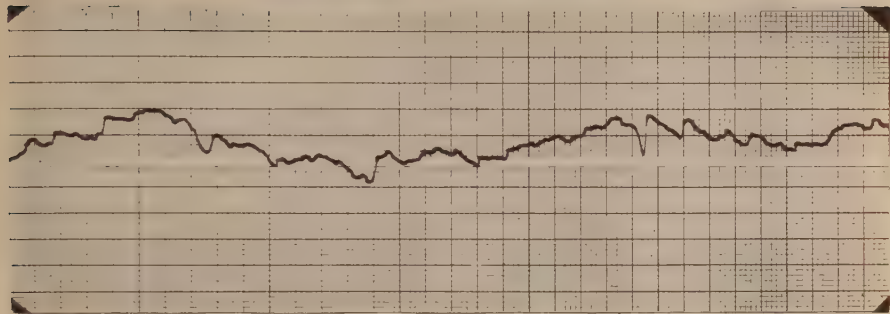


R₂ 0.8

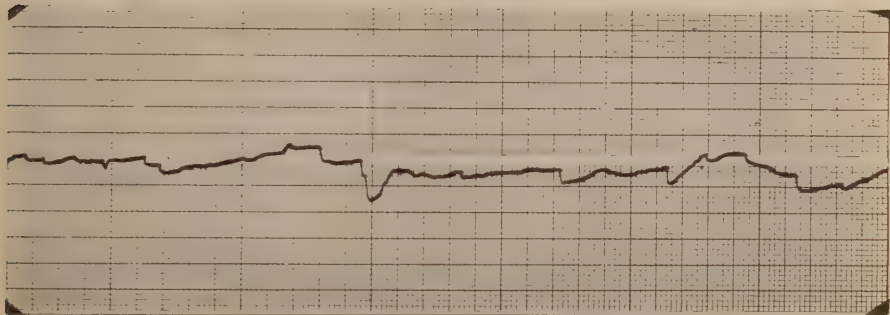


DREHREIZSCHWELLE (ABEND) V. P. Nr. 32

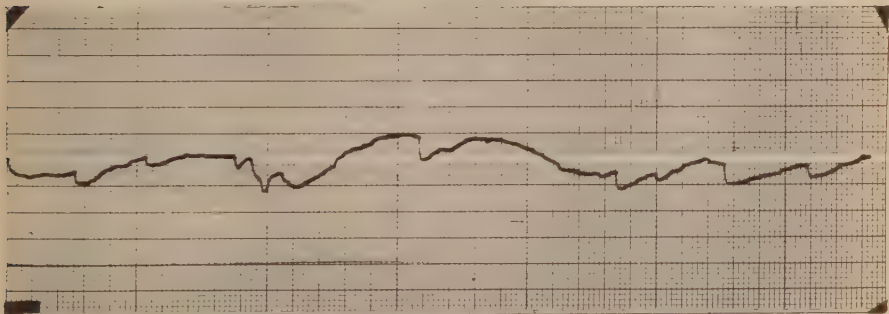
RECHTS-DREHUNG R_1 0.4



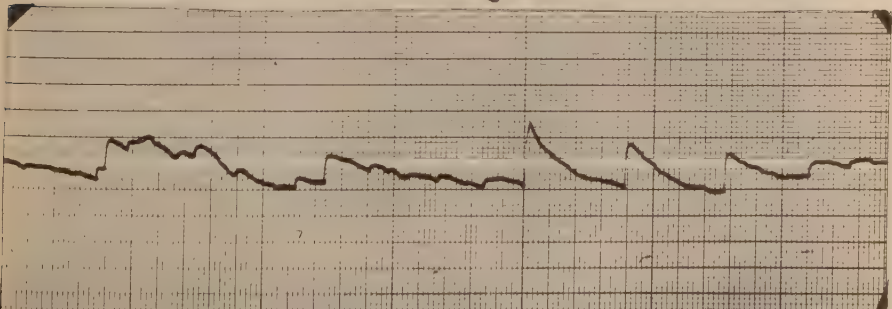
L_1 0.5



LINKS-DREHUNG L_2 0.4

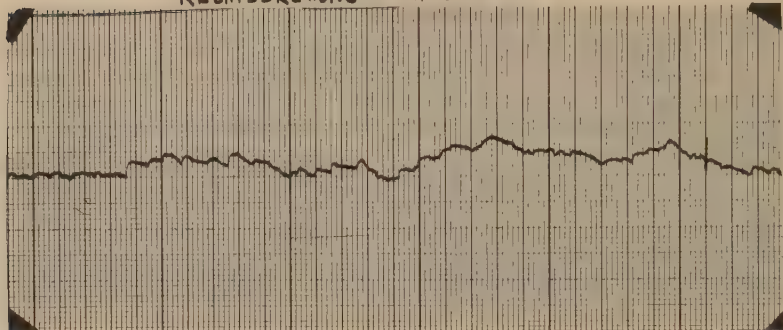


R_2 0.4

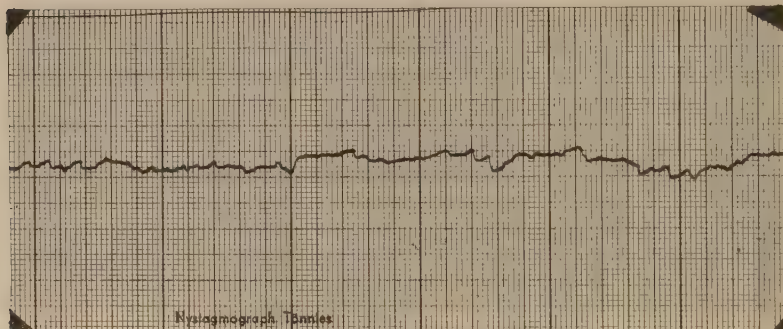


DREHREIZSCHWELLE (MORGEN) V.P.Nr. 38

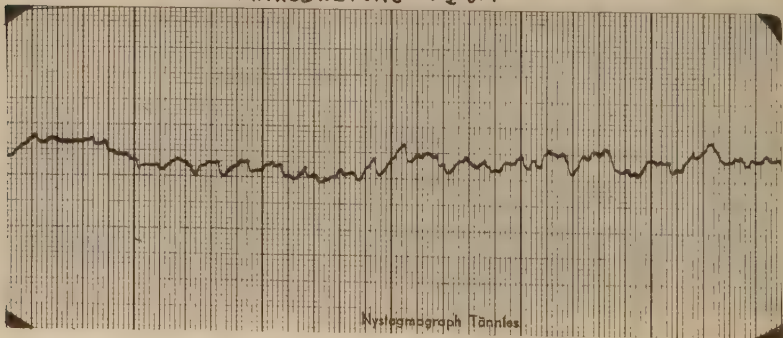
RECHTS DREHUNG R₁ 0.4



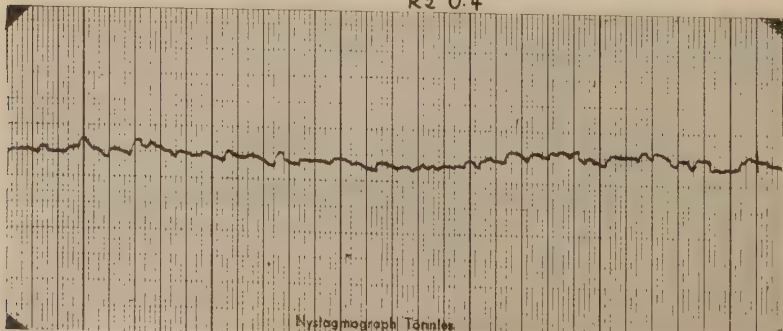
L₁ 0.6



LINKS DREHUNG L₂ 0.4

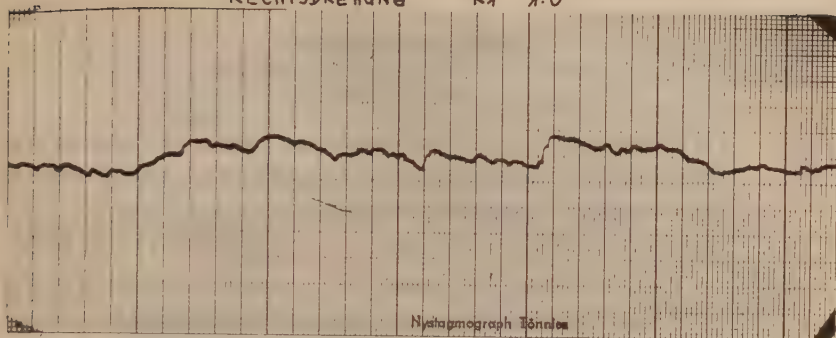


R₂ 0.4

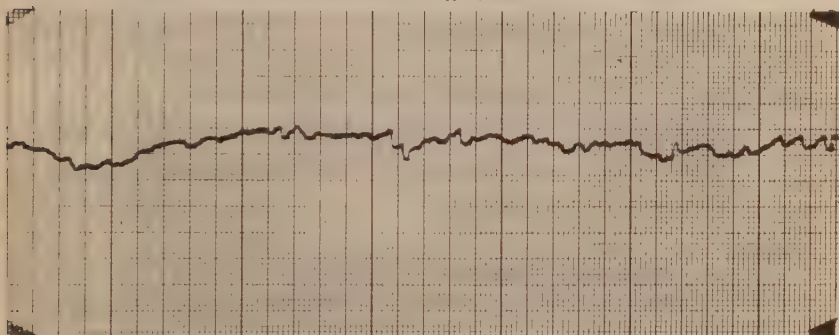


DREHREIZSCHWELLE (ABEND) V.P. Nr. 38

RECHTS DREHUNG R₁ 1.0

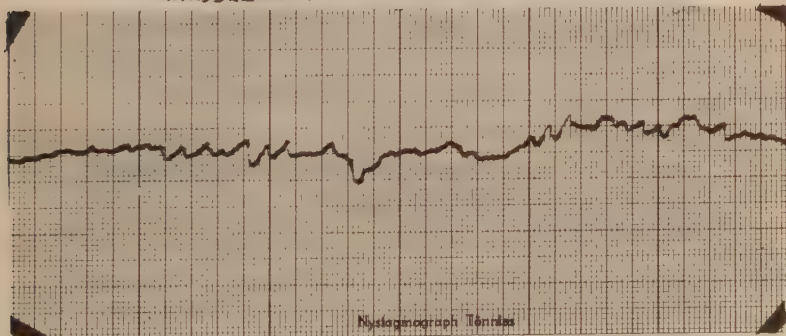


L₁ 1.6

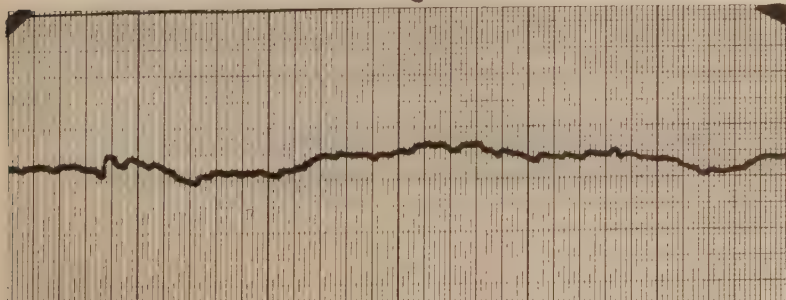


LINKS DREHUNG

L₂ 1.5



R₂ 1.1



Literaturverzeichnis

- 1) A d a m s, A.:
Nystagmographische Untersuchungen über den Lidnystagmus und die physiologische Koordination von Lidschlag und rascher Nystagmusphase.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. 170 (1957), 543-558
- 2) A r s l a n, M.:
Principes de nouvelles méthodes d'exploration vestibulaire au moyen des stimulations rotatoires.
Pract. oto-rhino-laryng. 17 (1955), 191-206
- 3) A r s l a n, M.:
Les accélérations de Coriolis dans la stimulation vestibulaire (recherches elektronystagmographiques).
Confin. neurol.(Basel) 21 (1961), 403-411
- 4) B à r à n y, Robert:
Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Mschr.Ohr.hk., Berlin, 40 (1906), 193-297
- 5) B a r a n y, Robert:
Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten Nystagmus und seine Begleiterscheinungen.
Mschr. Ohr.hk., Berlin, 41 (1907), 477-526
- 6) B e n n i n g h o f f - G o e r t t l e r:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Band III
Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin-Wien,
(1957), 174-176

- 7) C a m a r d a, V.e.V. L u m i a :
Sulla funzione vestibolare dell'uomo in età senile
Ricerche elettrtronistagmografiche
G. Geront 1 (1959), 525 - 531

- 8) D e c h e r, H.:
Habilitationsschrift Bonn (1963)

- 9) D I e t e r l e, P. et M. M o n n i e r :
l'éléctro-nystagmographie chez l'homme.
(Principes et technique)
Pract. oto-rhino-laryng., Basel 17 (1955), 164 - 172

- 10) D u e n s i n g, F. und F. P f a n d e r :
Reizwiderstandsfähiger (dominanter) und reizabhängiger
Nystagmus alternans nach Hirntrauma.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. 168 (1956), 349-370

- 11) E c k e l, W.G K u i p e r s u. D. W e n d t :
Elektronystagmographische Untersuchungen zur tages-
zeitlichen und durch verschiedene Bewußtseinsgrade
bedingten Variabilität des experimentellen Nystagmus.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. 181 (1963), 175-198

- 12) v a n E g m o n d, A.A.J. und J.J. G r o e n :
Cupulometrie.
Pract. oto-rhino-laryng. Utrecht, 17 (1955), 206-223

- 13) F r e n z e l, H.:
Ein einfacher Drehstuhl-Modellversuch zur Frage der
Corioliserregung der Bogengänge bei Kopfbewegung
während der Drehung.
Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. Basel, 177 (1961) 563-568

- 14) F l u u r, E.:
The mechanism of Nystagmus.
Acta oto-rhino-laryng. Stockh., 54 (1962), 181-188

- 15) F u m e a u x, J.:
Le seuil nystagmique d'accélération giratoire.
Acta oto-rhino-laryng. Stockh. 51 (1960), 111-122

- 16) H a a s, E.:
Zur Frage der Altersabhängigkeit der Drehreizschwelle.
Zschr. Laryng. Stuttgart 43 (1964), 238-246
- 17) H a l l p i k e, C.S.:
Die kalorische Prüfung.
Pract. oto-rhino-laryng. 17 (1955), 301
- 18) J o n g k e e s, L.B.W.:
Über die Untersuchungsmethoden des Gleichgewichtsorganes.
Fortschr. Hals.-Nas.-Ohrenheilk. Basel, 1 (1953) 1-147
- 19) J u n g, R. und J.F. T ö n n i e s:
Die Registrierung u. Auswertung des Drehnystagmus
beim Menschen
Klin. Wschr. 26 (1948), 513-519
- 20) K a i s e r, P.
Lehrbuch der Hals-Nasen-und Ohrenkrankheiten
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien (1961), 25
- 21) K e s e r, H.:
Variationen des Drehnystagmus beim Gesunden nach der
Amplitudenauswertung.
Ber. Kongr. Neurol. Psychiatr. Tübingen, (1947), 239
- 22) K o h l r a u s c h, A.:
In Bethe-Bergmanns Handbuch der Physiologie
Springer, Berlin Band 12/II (1931), 1396
- 23) K u i p e r s, G.:
Elektronystagmographische Untersuchungen des thermi-
schen Nystagmus zu verschiedenen Tageszeiten.
Med. Dissertation Münster 1961
- 24) L e d o u x, A.:
L'adaptation du système vestibulaire périphérique.
Acta oto-rhino-laryng. Stockh. 53 (1961), 307-315

- 25) **M a c k e n s e n, G.:**
 Zur Technik der Elektronystagmographie. Ein Gerät zur Befestigung der Elektroden für die Aufzeichnungen horizontaler Augenbewegungen.
 Klin.Mbl. Augenheilk., 121 (1952), 599-602

- 26) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Über den Wirkungsmechanismus des Vestibularorganes.
 Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. Berlin 154 (1944), 144-152

- 27) **M i t t e r m a i e r, R. u. G. R o s s b e r g:**
 Vestibularisuntersuchungen mit schwelennahen Beschleunigungsreizen.
 Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. Berlin 168 (1956) 313-332

- 28) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Ergebnisse nystagmographischer Untersuchungen.
 Pract. oto-rhino-laryng. 17 (1955), 179-190

- 29) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Über die Funktion des Vestibularapparates.
 Dtsch.Medizin.Wschr. 85 (1960), 843-851

- 30) **M i t t e r m a i e r, R. u. W. K h r i s t i a n:**
 Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des kalorischen Nystagmus.
 Z. Laryng. Rhinol. 33 (1954), 20

- 31) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Gleichgewichtsprüfungen mit verschiedener Drehgeschwindigkeit.
 Arch. Ohr.-Nas.-Kehlk.-hk. 144 (1938), 339-361

- 32) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Über systematische nystagmographische Untersuchungen des kalorischen und rotatorischen Nystagmus.
 Acta oto-rhino-laryng. 44 (1954), 574

- 33) **M i t t e r m a i e r, R.:**
 Über die Beeinflussung des experimentell ausgelösten Nystagmus durch wiederholte Reizungen.
 Z. Laryng. Rhinol. 31 (1952), 360

- 34) M i t t e r m a i e r, R., B. E b e l, R u b l e r
und B ä s s e l:
Elektrographische Nystagmusregistrierung.
Zschr. Laryng. Stuttgart, 31 (1952), 115-124
- 35) M o n n i e r, M. et H.J. H u f s c h m i d:
Elektrooculogramm und Elektronystagogramm beim Menschen.
Helevet. physiol. Acta 2 (1951), 348-366
- 36) M o n t a n d o n, A.:
Analyse du nystagmus perrotatoire par l'éléctro-
nystagmographie.
Acta oto-rhino-laryng. Belgien 2 (1955), 328-331
- 37) M o n t a n d o n, A.:
Diskussionsbemerkung
Acta rhino-oto-laryng. Stockh. 50 (1959), 299
- 38) M o n t a n d o n, A.:
La concordance entre les seuils d'audition et les
seuils vestibulaires dans les lésions de l'oreille interne.
Acta oto-rhino-laryng. Genf 48 (1957), 59
- 39) M o n t a n d o n, A.:
A new technique for vestibular Investigation.
Acta oto-rhino-laryng. Genf 44 (1954), 594
- 40) M o n t a n d o n, A. et M. M o n n i e r:
Analyse du nystagmus vestibulaire par la méthode
électronystagmographique.
Ann. oto-rhino-laryng. Paris 68 (1951), 761-765
- 41) M o n t a n d o n, A., M. M o n n i e r and A. R u s s -
b a c h:
A new technique of vestibular rotatory stimulation and of
electrical recording of nystagmus in man.
Ann. oto-laryng. Paris 64 (1955), 701-717

- 42) M o n t a n d o n, A. et A. R u s s b a c h:
L'épreuve giratoire liminaire.
Pract. oto-rhino-laryng. Basel 17 (1955), 224-236
- 43) M o n t a n d o n, A., R u s s b a c h et F u m e a u x:
Détermination du seuil vestibulaire nystagmique
d'accélération giratoire chez le sujet normal et
en pathologie.
Confin. neurol. Basel 20 (1960), 253-260
- 44) R e i n, H.:
Physiologie des Menschen.
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960), 564
- 45) R o b e r t, P. et Ph.-Claude C o v i a u x:
L'éléctro-nystagmographie. Conditions technique
préalables.
Ann. oto-laryng. 75 (1958), 978-982
- 46) R o s s b e r g, G.:
Zur Auswertung des Elektronystagmogramms.
Arch. Hals-Nasen-Ohrenhk. Berlin 169 (1956), 410
- 47) R o s s b e r g, G. und G. K e s s l e r:
Über die Nystagmographie des rotatorischen Nystagmus.
Zschr. Laryng.Rhinol. 32 (1953), 472
- 48) R u s s b a c h, A.:
Le seuil du nystagmus d'accélération giratoire.
Thèse Genève 1955
- 49) S c h m a l t z:
Londoner Vortrag 1932
Proc. Roy.Soc.Med. 1932 January
- 50) S c h m i d t, W.:
Anlage und statistische Auswertung von Untersuchungen.
5. Varianzanalyse 114-120

51) W e n d t, D.:

Elektronystagmographische Untersuchungen des per-
und postrotatorischen Nystagmus zu verschiedenen
Tageszeiten.

Med. Dissertation Münster 1961

52) W o l e t z, F.:

Studie zum vestibularen Erregungsablauf mittels
des kalorischen Nystagmus.

Zschr. Hals-Nasen-und Ohrenhk. 30 (1932), 524

Herrn Professor Dr. med. H a a s, Chefarzt
der Hals-, Nasen- und Ohrenabteilung am Alten
St.Vincentius-Krankenhaus in Karlsruhe, danke
ich verbindlichst für die Anregung zu dieser
Arbeit und für das Interesse, mit dem er ihre
Entstehung verfolgt hat.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.phil.,
Dr. med. K o l l e r, Direktor des Institutes
für Statistik und Dokumentation an der Univer-
sität Mainz. Er half mir in liebenswürdiger
und entgegenkommender Weise bei der statisti-
schen Auswertung meiner Versuchsergebnisse.

Lebenslauf

Am 30. März 1939 wurde ich, Hannelore Marianne Eidebenz als erstes Kind des Chemikers, Diplomingenieur Dr.ing. Emil Eidebenz und seiner Ehefrau Ruth geborene Uhl, in Wiesbaden - Biebrich geboren.

Im Herbst 1945 trat ich in die Volksschule in Wiesbaden-Biebrich ein.

Im Frühjahr 1950 bestand ich die Aufnahmeprüfung an dem Realgymnasium für Mädchen am Boseplatz in Wiesbaden. Diese Schule besuchte ich bis Weihnachten 1956. Da an dieser Schule kein naturwissenschaftlicher Zug bestand, wechselte ich auf Rat meiner Eltern in die Frauenlob-Schule Mainz über. Im Februar 1959 legte ich dort die Reifeprüfung ab.

Seit Sommersemester 1959 war ich an der Johannes-Gutenberg-Universität zu Mainz immatrikuliert und studierte Medizin.

Im April 1960 bestand ich dort die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Oktober 1961 die ärztliche Vorprüfung und am 14. Dezember 1964 das medizinische Staatsexamen.



